



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



⑪ Veröffentlichungsnummer: 0 456 276 A1

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

② Anmeldenummer: 91110737.3

51 Int. Cl. 5: G01B 5/00

22 Anmeldetag: 26.09.88

Diese Anmeldung ist am 28 - 06 - 1991 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Kode 60
erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

③ Priorität: 20.05.88 PCT/EP88/00450

④ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.11.91 Patentblatt 91/46

60 Veröffentlichungsnummer der früheren Anmeldung nach Art. 76 EPÜ: 0 342 267

⑧ Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI SE

71 Anmelder: Firma Carl Zeiss

W-7920 Heldenheim (Brenz)(DE)

⑧4 CH DE FR IT LI SE

Anmelder: **CARL-ZEISS-STIFTUNG,
HANDELND ALS CARL ZEISS**

W-7920 Heldenheim an der Brenz (DE)

B4 GB

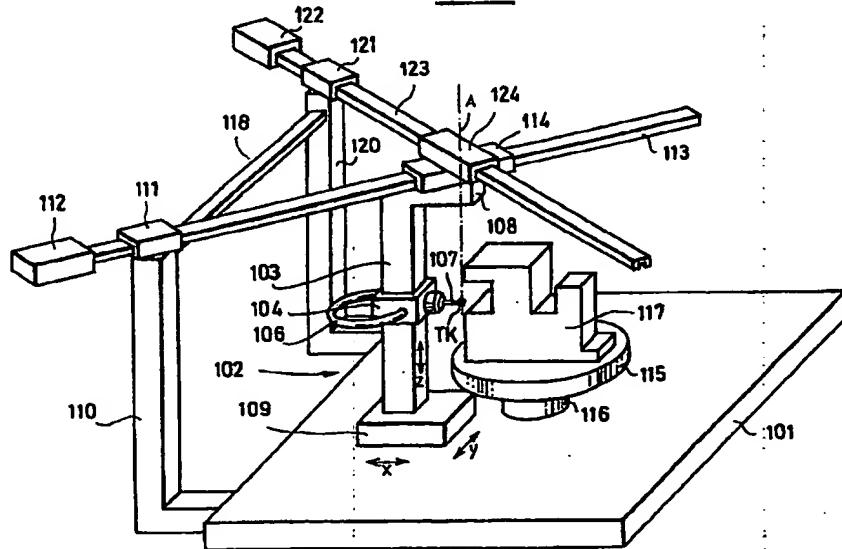
② Erfinder: Herzog, Klaus
Bahnhofstrasse 7
W-7082 Oberkochen/De

54 Koordinatenmessgerät

57 Das Koordinatenmeßgerät baut auf ein Höhenmeßgerät auf. Zur Ermittlung der Ebenenkordinaten (X,Y) ist das Höhenmeßgerät an seinem oberen Ende über einen oder mehrere Gelenkkarne mit der feststehenden Granitplatte verbunden. Den Gelenken

bzw. Auszügen der Gelenkkarne sind Maßwertgeber für die Winkelwerte bzw. Auszugslänge zugeordnet, aus denen der Rechner des Gerätes die Ebenenkoordinaten (X,Y) berechnet.

Fig. 2



EP.0 456 276 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der Koordinatenwerte eines Tastelementes sowie ein auf der Basis dieses Verfahrens arbeitendes Koordinatenmeßgerät.

Mehrkoordinatenmeßgeräte gibt es in den verschiedensten Ausführungsformen. Eine Übersicht über die unterschiedlichen Bauformen gibt der Artikel von M. Dietsch und H. Lang in Feinwerktechnik und Meßtechnik 86 (1978) Seite 262-269. Allen darin beschriebenen Geräten liegt im Prinzip der gleiche Aufbau zugrunde: Die Geräte bestehen aus drei senkrecht zueinander angeordneten und aufeinander aufbauenden Führungen, längs derer der Tastkopf verschiebbar ist, sowie drei den Führungen zugeordneten Linearmaßstäben.

Da die erste Führung jeweils das Gewicht der darauf aufbauenden, weiteren Führungen tragen muß, ist zur Erreichung einer ausreichend hohen Meßgenauigkeit eine stabile Ausbildung für die Führungen erforderlich, die Deformationen während des Meßvorganges verhindert. Koordinatenmeßgeräte sind deshalb teure und aufwendige Präzisionsinstrumente.

Es sind auch Koordinatenmeßgeräte bekannt, die nicht in einem kartesischen Koordinatensystem, sondern in Kugel- oder Zylinderkoordinaten messen. So ist z.B. in der GB-PS 14 98 009 ein Koordinatenmeßgerät beschrieben, bei dem der Tastkopf mittels dreier hintereinander angeordneter Gelenke beweglich gehalten ist. Die Lage des Tastkopfes wird bei diesem Gerät mit Hilfe von in den Gelenken angeordneten Winkelgebern festgestellt. Ein ähnlich aufgebautes Koordinatenmeßgerät ist aus der US-PS 42 40 205 bekannt. Bei diesem Gerät ist der Tastkopf an einer vertikal verschiebbaren Pinole befestigt, die ihrerseits über drei Gelenke mit vertikal angeordneter Drehachse in einer Ebene geführt ist. Die Lage der Pinole in der Ebene wird mit Hilfe eines Maßstabes und eines Drehgebers gemessen.

Auch bei diesen beiden letztgenannten Geräten, die statt Linearführungen Drehachsen zur Führung des Tastkopfes verwenden, stützen sich die beweglichen Teile der Geräte aufeinander ab. Es werden deshalb Gegengewichte benötigt, mit denen die beweglichen Maschinenteile ausbalanciert werden müssen, was das Gewicht und die Masse der bewegten Maschinenteile vergrößert. Außerdem ist es erforderlich, die Lagerungen für die Drehachsen sehr stabil auszuführen, da sie jeweils das Gewicht der darauf aufbauenden Teile tragen müssen.

Dennoch ist es nicht möglich, mit diesen Geräten ausreichend genaue Messungen durchzuführen, da die einzelnen Teile des Gelenkarmes während der Messungen wechselnden Lastverhältnissen ausgesetzt sind und sich deshalb unkontrolliert deformieren.

Des Weiteren sind sogenannte Höhenmeßgeräte bekannt. Sie bestehen aus einem in einer Ebene manuell frei verschiebbaren Träger, an dem ein Längenmeßtaster vertikal verschiebbar geführt ist.

5 Mit dem der Führung zugeordneten Maßstab lassen sich allein die Höhen des Tasters über der Ebene an verschiedenen Stellen über der Ebene messen und in Relation bringen. Die Lage des Höhenmeßgerätes in dieser Ebene wird nicht erfaßt. Zudem ist der Tastkopf eines Höhenmeßgerätes wenn überhaupt dann nur entlang der Vertikalen auslenkbar.

Diese bekannten Höhenmeßgeräte sind also keine Mehrkoordinatenmeßgeräte, da sie nur zur Messung in einer einzigen Dimension geeignet sind. Zwar ist auch schon ein Höhenmeßgerät bekannt geworden, das über eine Kulissenführung in zwei Koordinaten geführt ist und dessen Lagekoordinaten in der Ebene durch den Kulissenführungen zugeordnete Maßstäbe ermittelt wird. Dieses Gerät entspricht jedoch wieder dem eingangs genannten, prinzipiellen Aufbau bekannter Mehrkoordinatenmeßgeräte und besitzt deshalb u.a. den Nachteil, daß Rechtwinkligkeitsfehler der Führungen direkt in das Meßergebnis eingehen. Außerdem läßt sich dieses bekannte Gerät nicht drehen, so daß zusätzlich ein Drehtisch für das zu vermessende Werkstück benötigt wird.

Aus der DE-OS 32 05 362 sowie der DE-OS 36 29 689 sind Koordinatenmeßgeräte auf der Basis eines von Hand bzw. von einem Roboter über das zu vermessende Werkstück geführten Tastelementes bekannt, welches aus verschiedenen Richtungen mit Hilfe von Laser-Entfernungsmessern angemessen wird. Diese Geräte besitzen jedoch den Nachteil, daß die winkelmäßige Ausrichtung des Tastelementes nur unter hohem Aufwand und selbst dann nicht in jeder Lage im Meßraum bestimmt werden kann. Außerdem kann mit dem Tastelement das zu vermessende Werkstück nicht ohne weiteres umfahren werden, da dann zumindest einige der Meßstrahlen unterbrochen würden.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Koordinatenmeßgerät zu schaffen, das es erlaubt, mit möglichst geringem Aufwand eine Vielzahl verschiedener Meßaufgaben mit ausreichend hoher Genauigkeit in allen Raumrichtungen durchzuführen.

Diese Aufgabe wird durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Die erfindungsgemäße Lösung besitzt mehrere Vorteile: Der Träger des Tastkopfes stützt sich auf einer ebenen Führungsplatte ab und kann dort frei manuell oder motorisch verschoben werden. Es ist deshalb möglich, die Lage dieses Trägers in der Ebene mit einem Gelenkarm und diesem zugeordneten Meßsystemen festzustellen, der keinerlei Gewicht zu tragen hat. Der Gelenkarm wird einfach an

einem Ende an der Führungsplatte und am anderen Ende am Träger angelenkt und kann sich auch beispielsweise selbst über zusätzliche Luftlager auf der Führungsplatte abstützen. Es sind daher keine großdimensionierten Drehachsen oder Gegengewichte erforderlich, so daß die ganze Anordnung eine geringe Masse besitzt und leicht bewegt werden kann. Da der Gelenkarm selbst keine Lasten zu tragen hat, treten keine Verbiegungen im Gelenkarm auf, was der Meßgenauigkeit des Gerätes zugute kommt. Außerdem sind Rechtwinkligkeitsfehler bei der Ermittlung der Ebenenkoordinaten vermieden, da keine aufeinander auf bauenden Führungen verwendet werden. Das Gerät ist zudem in der Ebene drehbar, so daß eine Vielzahl von Meßaufgaben auch ohne Drehtisch für das Werkstück gelöst werden können. Der erfindungsgemäß Aufbau ermöglicht es, Koordinatenmeßgeräte in kompakter und vereinfachter Bauform bei gleichzeitig guter Zugänglichkeit des Meßraums zu schaffen.

Der bzw. die Gelenkarme, mit denen der Träger an der Führungsplatte befestigt ist, kann auf unterschiedlicher Art und Weise ausgeführt werden. So ist es beispielsweise möglich, einen aus drei Drehachsen aufgebauten Gelenkarm oder einen aus zwei Drehachsen und einem Auszug variabler Länge aufgebauten Gelenkarm zu verwenden oder sogar zwei Gelenkarme vorzusehen. Die Lage des Trägers in der Ebene läßt sich ohne weiteres durch den Drehachsen zugeordnete Winkelgeber bzw. den Auszügen variabler Länge zugeordnete Maßstäbe ermitteln. Hierbei erfolgt die Berechnung der genauen Koordinatenwerte aus den Signalen der Meßwertgeber durch einen daran angeschlossenen elektronischen Rechner.

Besonders vorteilhaft kann es sein, wenn der oder die Gelenkarme am oberen Ende des Trägers angelenkt sind, wo sie nicht mit den auf der ebenen Führungsplatte aufgebauten Werkstücken kollidieren können. Der Träger kann dann um 360° frei um das Werkstück herumgeführt werden, so daß ein separater Drehtisch für das Werkstück entbehrlich ist.

Von besonderem Vorteil ist hierbei, wenn der Abstand zwischen der vertikalen Drehachse, an der die Gelenkarme angelenkt sind, und der Tastkugel möglichst gering ist. Denn je kleiner dieser Abstand ist, desto ungenauer kann das zur Messung dieses Drehwinkels verwendete Winkelmeßsystem sein bzw. wird dann keine besonders hohe Auflösung für den Winkelgeber gefordert.

Um diese Bedingung geometrisch einhalten zu können, besitzt der Träger zweckmäßig eine etwa C-förmige Gestalt, indem in schlanke Säule auf einer im Querschnitt großflächigeren Grundplatte aufbaut. Am oberen Ende besitzt die Säule einen in Richtung des Taststifts vorstehenden Arm. An die-

sem ist das Drehgelenk angeordnet, über das die Gelenkarme an das Höhenmeßgerät angebunden sind.

Außerdem ist dann der Werkstücktisch zweckmäßig mit einem mittig angeordneten, schlanken Fuß versehen, derart, daß der Träger mit seiner Grundplatte unter die Tischfläche und damit nahe an das Werkstück heranfahren kann. Diese Form des Werkstücktisches bietet außerdem weitere Vorteile. Denn der schlanke Fuß des Tisches kann als Bezugspunkt für den Gelenkarm dienen. Wenn dieser um den Fuß drehbar am Werkstück angelenkt ist, läßt sich der Träger ebenfalls um 360° frei um das Werkstück herumführen.

Zur Erreichung möglichst hoher Meßgenauigkeiten muß sichergestellt werden, daß keine Meßfehler infolge Verkipplungen des Trägers um die vertikale Achse entstehen. Diese können kompensiert werden, indem entweder Meßsysteme in der Grundplatte des Trägers angeordnet werden, die den Abstand zur Führungsplatte messen, oder direkt die Neigung messende elektronische Waagen am Träger angebracht werden.

Wenn man mit Sensoren arbeitet, die den Abstand zur Oberfläche der ebenen Führungsplatte messen, dann geht deren Genauigkeit bzw. die Abweichung ihrer Topographie von einer idealen Ebene in das Meßergebnis ein. Um diesen Einfluß zu eliminieren ist es zweckmäßig, die Topographie der ebenen Führungsplatte in einem separaten Korrekturlauf vorab zu ermitteln und als zweidimensionale Korrekturmatrixt abzuspeichern.

Das auf der Basis des erfindungsgemäßen Verfahrens arbeitende Koordinatenmeßgerät kann sowohl handgeführt betrieben werden als auch mit einem Antrieb versehen werden, der den Träger in der Ebene verschiebt. Ein derartiger Antrieb sollte vorzugsweise im Schwerpunkt des Trägers an diesem angreifen. Dies ermöglicht hohe Verfahrgeschwindigkeiten und Beschleunigungen. Da ein solcher Antrieb eventuell jedoch die freie Drehbarkeit des Trägers um 360° behindern kann, ist dann das Werkstück auf einem Drehtisch anzurichten, damit die freie Zugänglichkeit von allen Richtungen aus gewährleistet ist, oder es wird mit zwei gleichartig aufgebauten Geräten beiderseits des festmontierten Werkstückes gemessen.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren 1-7 der beigefügten Zeichnungen.

Figur 1 ist die Prinzipskizze ein s ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Figur 2 ist die perspektivische Prinzipskizze in s zweiten, bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Figur 3 zeigt die Unterseite eines Teils des

Figur 4 Lenkers (113) aus Figur 2; zeigt einen der Lenker (113) aus Figur 2 in der Seitenansicht;

Figur 5a ist eine detailliertere Darstellung eines in Verbindung mit dem Gerät nach Figur 2 bzw. 3 alternativ verwendbaren interferometrischen Gelenkarmes in einer vertikalen Ebene;

Figur 5b zeigt den Gelenkarm aus Figur 5a in Aufsicht;

Figur 6a ist eine vereinfachte Prinzipskizze, die den Gerätetyp nach Figur 2-5 in Aufsicht zeigt;

Figur 6b ist eine vereinfachte Prinzipskizze, die den Gerätetyp nach Figur 2-5 in Seitenansicht zeigt;

Figur 7 ist eine perspektivische Prinzipskizze eines motorisierten Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Das in Figur 1 dargestellte Koordinatenmeßgerät baut im wesentlichen auf einem Höhenmeßgerät (2) bekannter Bauart auf, das auf einer ebenen Granitplatte (1) verschiebbar ist. Ein solches Höhenmeßgerät besteht aus einer vertikalen Säule (3), entlang der ein Schlitten (4) in der Höhe, d.h. in Z-Richtung verschiebbar ist. Zur Messung der Z-Position trägt die Säule (3) einen Maßstab (8), der von einem in der Darstellung nicht sichtbaren photoelektrischen Gebersystem im Schlitten (4) abgetastet wird. Im Schlitten (4) ist ein Arm (5) waagerecht verschiebbar gelagert. Der Arm (5) trägt an seinem Ende einen Taster (7) und kann mittels einer Klemmeinrichtung im Schlitten (4) über den mit (6) bezeichneten Hebel festgeklemmt werden.

Das Gewicht von Schlitten (4), Meßarm (5) und Tastkopf (7) ist über ein in der Säule (3) geführtes Gegengewicht ausbalanciert.

Damit das Höhenmeßgerät (2) reibungsfrei verschoben werden kann, stützt es sich über in der Basis (9) der Säule (3) integrierte Luftlager auf der Granitplatte (1) ab.

Allerdings ist der Tastkopf (7) kein eindimensionaler Längenmeßtaster, sondern vielmehr ein in allen drei Richtungen ansprechender 3D-Tastkopf z.B. des in der US-PS 41 77 568 beschriebenen Typs.

Wie bereits eingangs ausgeführt erfassen Höhenmeßgeräte allein die Höhen (Z) der vom Tastkopf (7) angetasteten Meßpunkte. Damit auch die Koordinatenwerte (X und y) in der Ebene in der Granitplatte (1) meßtechnisch erfaßt werden, ist der zur Messung der Ebenenkoordinaten (X,Y) verwendete Gelenkarm (58) am oberen Ende der Säule des Höhenmeßgerätes (2) angelenkt. Der Gelenkarm (58) besteht aus einer Stange, die mit einem Ende über ein erstes kardanisches Doppelgelenk (53) allseits beweglich am Höhenmeßgerät (2) be-

festigt ist. Die Stange (56) ist in einer ebenfalls kardanisch an einem zweiten Gelenk (52) gelagerten Hüls verschiebbar gelagert, die an dem über den Meßbereich hinausragenden Teil (51) eines feststehenden Trägers (50) befestigt ist. In der Hülse befindet sich das Gebersystem für den an der Stange (56) angebrachten Linearmaßstab (54).

Dem Kardangelenk (52) sind außerdem zwei Drehgeber zur Messung der Winkel ϕ_1 und ϕ_2 zugeordnet, den die Stange (56) relativ zur Basis (1) des Höhenmeßgerätes (2) einnimmt. Weiterhin ist dem Gelenk (53) an der Obersseite des Höhenmeßgerätes (2) ein Drehgeber zur Messung des Winkels ϕ_3 zugeordnet, um den das Höhenmeßgerät um die Vertikale gedreht werden kann.

Aus dem Längenmeßwert (r_4) des Maßstabes (54), den Winkel ϕ_1 , ϕ_2 und ϕ_3 der Winkelencoder und dem Z-Wert des Maßstabes am Höhenmeßgerät (2) rechnet der Rechner (57) des Koordinatenmeßgerätes die kartesischen Koordinaten (X,Y und Z) der Tastkugel des Gerätes. Hierbei findet eine Umwandlung der Polarkoordinaten (r_4 , ϕ_1 und ϕ_2) in ein auf die Ebene der Granitplatte projiziertes kartesisches Koordinatensystem statt.

Infolge der Anlenkung des Gelenkarmes (58) am oberen Ende des Höhenmeßgerätes (2) ist dessen Beweglichkeit in der Ebene im Vergleich zu den dargestellten übrigen Ausführungsbeispielen am geringsten gestört.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem ebenfalls die Gelenkarme am oberen Ende des Höhenmeßgerätes angelenkt sind, ist in Figur 2 dargestellt. In diesem Ausführungsbeispiel besitzt das Höhenmeßgerät (102) im Vertikalschnitt eine etwa C-förmige Gestalt, wobei den unteren Schenkel des C eine Basisplatte (109) bildet, auf der ein vertikaler Träger (103) aufbaut. An diesem Träger (103) ist ein Schlitten (104) für den Tastkopf (107) vertikal verschiebbar gelagert. Der Schlitten (104) ist mit einem Bügel (106) versehen, mit dessen Hilfe das Gerät (102) auf einer ebenen Granitplatte (101) verschoben werden kann und der Tastkopf (107) in der Höhe verstellt werden kann.

Das Oberteil (108) des Trägers (103) springt in Richtung auf die Taststiftspitze vor und bildet den oberen Schenkel des C. An diesem vorwärts ausragenden Teil (108) sind die Lenker mit den Maßstäben zur Messung der Position des Höhenmeßgeräts in der Ebene (X,Y) drehbar angelenkt, wobei mit (A) die Drehachse bezeichnet ist. Die Lage der Drehachse ist hierbei so gewählt, daß sie durch den Mittelpunkt der Tastkugel (T_k) am Tastkopf (107) geht bzw. nur einen geringen Abstand davon besitzt.

An der Rückseite der Granitplatte (101) sind zwei Säulen (110) und (120) fest angebracht. Sie tragen beide an ihrer Oberseite ein Drehlager, über das die dort mit Haltern (111) und (121) befestigten

Lenker (113) und (123) drehbar gehalten sind. Die Lenker (113) und (123) tragen wie aus der Figur 3 hervorgeht an ihrer Unterseite eine Maßstabsteilung (119). Sie sind in dem am oberen Ende um die Achse (A) am Höhenmeßgerät drehbaren Führungsgehäusen (114) und (124) linear verschiebbar gelagert und stehen dort über die Vorderseite des Höhenmeßgerätes (102) vor. Natürlich ist es auch möglich, die Lenker so anzubringen, daß sie nach hinten, über die Säulen (110) und (120) hinaus vorstehen.

Bei geringeren Anforderungen an die Meßgenauigkeit läßt sich ein Vorstehen der Lenker überhaupt vermeiden, wenn anstelle der starren Lenker Meßbänder verwendet werden, die über eine Umlenkrolle in das Innere der Säulen (110,120) geführt und von einer dort angebrachten Feder unter Spannung gehalten werden.

An ihrem hinteren Ende tragen die Lenker (113,123) je ein Gegengewicht (112) bzw. (122). Mit Hilfe dieser Gegengewichte sind die Lenker (113) und (123) so ausbalanciert, daß sie kräftefrei auf der Oberseite des Trägers (103) aufliegen. Hierdurch sind wechselnde Lastverhältnisse vermieden, die andernfalls auftreten würden, wenn sich der Abstand zwischen dem Höhenmeßgerät (102) und den Säulen (110) bzw. (120) ändert.

Die Art und Weise, in der die Säule (110) und das Höhenmeßgerät (102) durch den Lenker (113) verbunden sind, ist in Figur 4 nochmals deutlicher dargestellt. Im Teilschnitt erkennt man hier das Drehlager (117) an der Oberseite der Säule (110) sowie das Drehlager (129) im Oberteil (108) des Höhenmeßgerätes. Diesem letzteren Lager (110) ist ein Winkelencoder (128) zugeordnet, der die Drehlage des Höhenmeßgerätes (102) relativ zur Ausrichtung des Lenkers (113) mißt. Die Gehäuse (114) und (124), in denen die Lenker (113) und (123) längs geführt sind, enthalten außerdem ein photoelektrisches inkrementales Gebersystem, von dem die Maßstabsteilung (119) in Figur 6) der in den Lenkern (113) und (123) enthaltenen Linearmaßstäbe abgetastet wird.

An ihrem oberen Ende sind die beiden Säulen (110) und (120) durch einen Stab (118) mit geringem thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie z.B. Invar miteinander verbunden. Diese Maßnahme spielt eine besondere Rolle, da der Abstand der beiden Säulen bzw. der davon getragenen Drehpunkte, wie noch anhand von Figur 6a und 6b beschrieben werden wird, die Basis für die Messung der ebenen Koordinaten des Höhenmeßgerätes (102) bildet. Wenn zusätzlich sichergestellt ist, daß die Linearmaßstäbe ebenfalls aus Material mit geringem thermischen Ausdehnungskoeffizienten bestehen, oder die thermische Ausdehnung des Stabes und der Maßstäbe durch eine Temperaturmessung erfaßt wird, läßt sich die Lage der Dreh-

achse (A) bzw. des Höhenmeßgerätes in der Ebene (X,Y) mit sehr hoher Genauigkeit bestimmen.

Das zu vermessende Werkstück ist in Figur 2 mit (117) bezeichnet. Es ruht auf einem Werkstücktisch, dessen Platte (115) über einen mittig angebrachten, schlanken Fuß (116) auf der Granitplatte (101) befestigt ist. Durch diese Maßnahme und in Verbindung mit der freien Drehbarkeit des Höhenmeßgerätes unter den oben angebrachten Lenkern (113) und (123) ist es möglich, mit dem Höhenmeßgerät (102) um das Werkstück (117) vollständig herumzufahren bzw. das Werkstück von allen Seiten zu vermessen.

Mit einem Koordinatenmeßgerät des in Figur 2 beschriebenen Aufbaues können sehr viele Meßaufgaben gelöst werden, die bisher einen aufwendigen Rundtisch oder umständliche Tasterformen bzw. ein Dreh-Schwenk-Gelenk erforderten wie z.B. schräge Bohrungen in prismatischen Werkstücken oder Rotationsteile.

Die Lenker (113) und (123) mit den Linearmaßstäben im Ausführungsbeispiel nach Figur 2-4 können außerdem durch Interferometrische Längenmeßsysteme ersetzt werden. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn große Meßlängen gewünscht werden, wobei dann die Lenker unhandlich lang werden. Ein für große Meßlängen modifiziertes Ausführungsbeispiel ist in den Figuren 5a und 5b dargestellt. Danach befinden sich auf jeder der beiden Säulen am hinteren Ende der Grundplatte (101) auf einer drehbar gelagerten Platte (411) ein Lasergenerator (412) mit angesetztem Interferometerkopf (415). In der Figur 5a bzw. 5b ist die betreffende Säule mit (410) bezeichnet. Auf das Drehlager (129) am oberen Teil (108) des Höhenmeßgerätes ist eine Trägerplatte (414) montiert auf der das vom Interferometer (415) angemessene Reflektorprisma (421) befestigt ist. Ein zweites Reflektorprisma (422) ist seinerseits drehbar auf dem Träger des Prismas (421) gelagert und wird von einem zweiten, hier nicht dargestellten Interferometer auf der anderen Säule angemessen. Die Trägerplatte (414) wird mit Hilfe eines Spanndrahtes (416) immer so nachgeführt, daß der Meßstrahl (413) des Interferometers senkrecht auf das Reflektorprisma (421) auftrifft. Hierzu ist der Spanndraht (416) über die beiden Rollen (418) und (419) auf der drehbaren Platte (411) geführt. Die Spannung des Drahtes stellt ein Gegengewicht (420) sicher. Dieses ist in der hohlen Säule (410) geführt. Für das zweite Prisma (422) ist eine entsprechende Einrichtung zum Nachführen vorgesehen.

Mit Hilfe der beiden interferometrischen Meßstrahlen (413) und (423) kann die Lage der Drehachse (A) in der waagerechten Ebene (X,Y) aufgrund einfacher trigonometrischer Beziehungen eindeutig bestimmt werden. Dies wird unmittelbar aus Figur 6a ersichtlich. Dort ist der Abstand zwi-

schen den beiden Drehachsen in den Säulen (110) und (120) mit (L) bezeichnet und die von den Maßstäben bzw. Interferometersystemen gemessenen Abstände von diesen Drehachsen zur Drehachse (A) am Höhenmeßgerät sind mit r_4 bzw. r_5 bezeichnet.

Zur Durchführung von Koordinatenmessungen ist es jedoch erforderlich, die genaue Lage der Tastkugel (T_k) in der Ebene zu kennen. Hierzu muß außerdem die Drehlage des Höhenmeßgerätes (102) bzw. des Trägers (103) bestimmt werden. Dies geschieht durch den Winkelgeber (128) (Figur 4 bzw. 5a), der den Winkel δ_4 zwischen der Taststiftachse und einem der beiden Lenker bzw. Meßstrahlen angibt. Danach ist es möglich, bei Kenntnis des Abstandes (l) zwischen Tastkugel (T_k) und der Drehachse (A) Tastkugelkoordinaten (X und Y) in der Ebene zu bestimmen. Der Abstand (l) ist in der Darstellung nach Figur 6a überhöht dargestellt. Es ist zweckmäßig, diesen Abstand möglichst klein zu halten, da dann für die Messung des Winkels δ_4 nur ein preiswerter Geber mit geringer Auflösung benötigt wird, der keine hohe Meßgenauigkeit besitzen muß. Wenn diese Voraussetzung nicht gegeben ist und mit Hilfe der Spannrähte (416) die Referenzlinie, gegen die der Winkelgeber (110) mißt, nicht ausreichend genau festgelegt wird, kann ein starrer Lenkerstab anstelle eines der Spannrähte oder zusätzlich verwendet werden.

Da sich die Tastkugel (T_k) unterhalb der durch die Meßstrahlen r_4 und r_5 aufgespannten Ebene befindet können Meßfehler auftreten, wenn die Z-Führung für den Tastkopfträger (104) nicht stets lotrecht zu dieser Ebene ausgerichtet ist. Solche Verkippungen können beispielsweise durch dynamische Kräfte beim Bewegen des Höhenmeßgerätes hervorgerufen werden oder durch die mangelnde Ebenheit der Granitplatte (101) bedingt sein, auf der das Höhenmeßgerät (102) mittels Luft lagern gleitet. Die entsprechenden Verhältnisse sind in der Seitenansicht nach Figur 6b anschaulich dargestellt. Es ergibt sich ein von der Höhe (Z) abhängiger Lagefehler der Tastkugel (T_k) in der Ebene (X,Y) abhängig von dem mit α_4 bezeichneten Kippwinkel. Im dargestellten Beispiel ist der Kippwinkel (α_4) der einfacheren Darstellung halber in der Vertikalebene eingezeichnet, in der die Taststiftachse liegt. Es ist jedoch klar, daß Verkippungen nach allen Seiten auftreten können und deshalb auch die Komponente des Kippwinkels in der Richtung senkrecht zur Zeichnungsebene berücksichtigt werden muß.

In einer zur Durchführung von hochgenauen Messungen geeigneten Ausführungsform sind wie in Figur 6a und Figur 6b dargestellt in die Grundplatte (109) des Höhenmeßgerätes (102) drei Induktivtaster (M_1 , M_2 und M_3) eingebaut, die den Abstand zur Oberfläche der Granitplatte (101) mes-

sen. Aus den Signalen n dieser Induktivtaster läßt sich der Kippwinkel α_4 bzw. lassen sich die Korrekturkoordinaten (X_2 , Y_2) berechnen, die die Verkipfung bezüglich der Lage in der Ebene (X,Y) herverruft. Die Verkippung bewirkt außerdem einen Höhenfehler (Z_1), der vom Abstand zwischen dem Z-Maßstab (108) und der Tastkugel (T_k) abhängt. Auch dieser Korrekturwert kann mit Hilfe der Sensoren (M_1, M_2, M_3) ermittelt werden. Die erforderlichen Berechnungen der Korrekturdaten werden in einem Rechner (127) durchgeführt. Diesem Rechner sind neben den Meßwerten der Induktivtaster (M_1, M_2, M_3) die Meßwerte (r_4 , r_5 , δ_4 und Z) zugeführt, die von den Interferometern, den Winkelgeber (128) und vom Geber des Maßstabes (108) geliefert werden. Da die beschriebene Art der Korrektur des Kippfehlers voraussetzt, daß die Oberfläche der Platte (101) eben ist, ist im Speicher des Rechners (127) außerdem eine zweidimensionale Korrekturmatrixt abgespeichert, in der alle Ebenheitsabweichungen erfaßt sind. Die Erfassung der Ebenheitsabweichungen, d.h. die Topographie der Oberfläche der Platte (101) kann beispielsweise in einem einmaligen Kalibrierlauf mit Hilfe von elektronischen Neigungsmessern ermittelt werden.

In den bisherigen Ausführungsbeispielen sind allein handbediente Koordinatenmeßgeräte gemäß der Erfindung beschrieben worden, d.h. das jeweilige Höhenmeßgerät wurde von Hand über die Granitplatte bewegt. In der Figur 7 ist eine motorisierte Versionen dargestellt. Das Ausführungsbeispiel nach Figur 7 entspricht im wesentlichen dem handbedienten Gerät nach Figur 2. Gleichartige Teile werden nicht nochmals beschrieben und besitzen deshalb auch kein Bezugszeichen.

An der Rückseite des Ständers (203) des motorisierten Meßgerätes nach Figur 10 greift eine Schubstange (211) an. Die Schubstange (211) wird von einem Linearantrieb bewegt, der sich in einem Gehäuse (209) auf einem Schlitten (212) befindet, der seinerseits über einen zweiten Linearantrieb entlang eines Querträgers (208) zwischen den beiden Säulen (210) und (220) verschiebbar ist. Die beiden Linearantriebe bewegen das Meßgerät in der Ebene (X,Y).

Die Schubstange (211) greift etwa in Höhe des Schwerpunktes des Höhenmeßgerätes an. Es kann deshalb schnell verfahren werden, ohne daß störende Kippmomente auftreten.

Da es aufgrund des im Ausführungsbeispiel speziell dargestellten Antriebes nicht möglich ist, von allen Seiten um das Werkstück h rumzufahren, ist der Tisch (215) als Drehtisch oder als Schalttisch ausgebildet, der mehrere definierte Winkelstellungen \downarrow in B zug auf die Grundplatte (201) einnehmen kann.

Patentansprüche

1. Koordinatenmeßgerät auf der Basis eines in einer Ebene frei verschiebbaren Trägers (3,103,203), der einen vertikal verschiebbaren Tastkopf (7,107) und einen die vertikale Position (Z) des Tastkopfes messenden Maßstab (8,108) besitzt, dadurch gekennzeichnet, daß der Tastkopf (7,107) einen in mehreren Raumrichtungen ansprechenden Taststift trägt und der Träger über mindestens einen Gelenkarm bzw. Lenker mit mindestens einem feststehenden Bezugspunkt (50;110,120;210,220) verbunden ist, wobei der Gelenkarm bzw. Lenker mehrere die Lage des Trägers in der Ebene messende Drehgeber oder Maßstäbe besitzt und am oberen Ende des verschiebbaren Trägers (2, 102) angelenkt ist, und daß der Träger (2, 102) unter dem bzw. den Gelenkarmen bzw. Lenkarm drehbar ist.

2. Koordinatenmeßgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Gelenkarm aus drei Gelenken besteht und den Gelenken Drehgeber zugeordnet sind.

3. Koordinatenmeßgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Gelenkarm aus zwei Gelenken und einem Auszug variabler Länge besteht und den Gelenken Drehgeber und dem Auszug ein Maßstab zugeordnet sind.

4. Koordinatenmeßgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Gelenkarme mit jeweils zwei Gelenken und je einem Auszug variabler Länge vorgesehen sind und jedem Auszug ein Maßstab sowie mindestens einem Gelenk ein Drehgeber zugeordnet ist.

5. Koordinatenmeßgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die bzw. der Lenker am Träger (103) mittels eines Drehgelenkes befestigt ist, dessen vertikale Drehachse (A) durch die Tastkugel (T_k) des am Höhenmeßgerätes befestigten Tastkopfes geht bzw. eine geringe Entfernung (l) von der Tastkugel (T_k) besitzt.

6. Koordinatenmeßgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (103) auf einer im Querschnitt großflächigeren Grundplatte (109) steht und im Verschiebebereich des Trägers ein Werkstücktisch (115) vorgesehen ist, der auf einem mittig angeordneten schlanken Fuß (11b) ruht, derart, daß der Träger mit seiner Grundplatte (109) unter die Tischfläche (115) fahren kann.

7. Koordinatenmeßgerät nach Anspruch 1, da-

5 durch gekennzeichnet, daß die Gelenkarme (113,123) so ausbalanciert sind, daß sie im wesentlichen kräftefrei auf der Oberseite des Trägers (103) aufliegen.

10 8. Koordinatenmeßgerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Gelenkarme (113,123) mittels zweier vertikaler Ständer (110,120) an der ebenen Führung (101) des Trägers (103) befestigt sind und die Ständer an ihren oberen Enden durch einen starren Querstab (118) mit geringem Wärmeausdehnungskoeffizienten befestigt sind.

15 9. Koordinatenmeßgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Antrieb für die Vertikalverschiebung (z) des Tastkopfes am Träger (203) vorgesehen ist.

20 10. Koordinatenmeßgerät nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Antrieb (211) für die Horizontalverschiebung des Trägers vorgesehen ist und der zweite Antrieb (211) in Höhe des Schwerpunktes des Trägers (203) an diesem angreift.

25

30

35

40

45

50

55

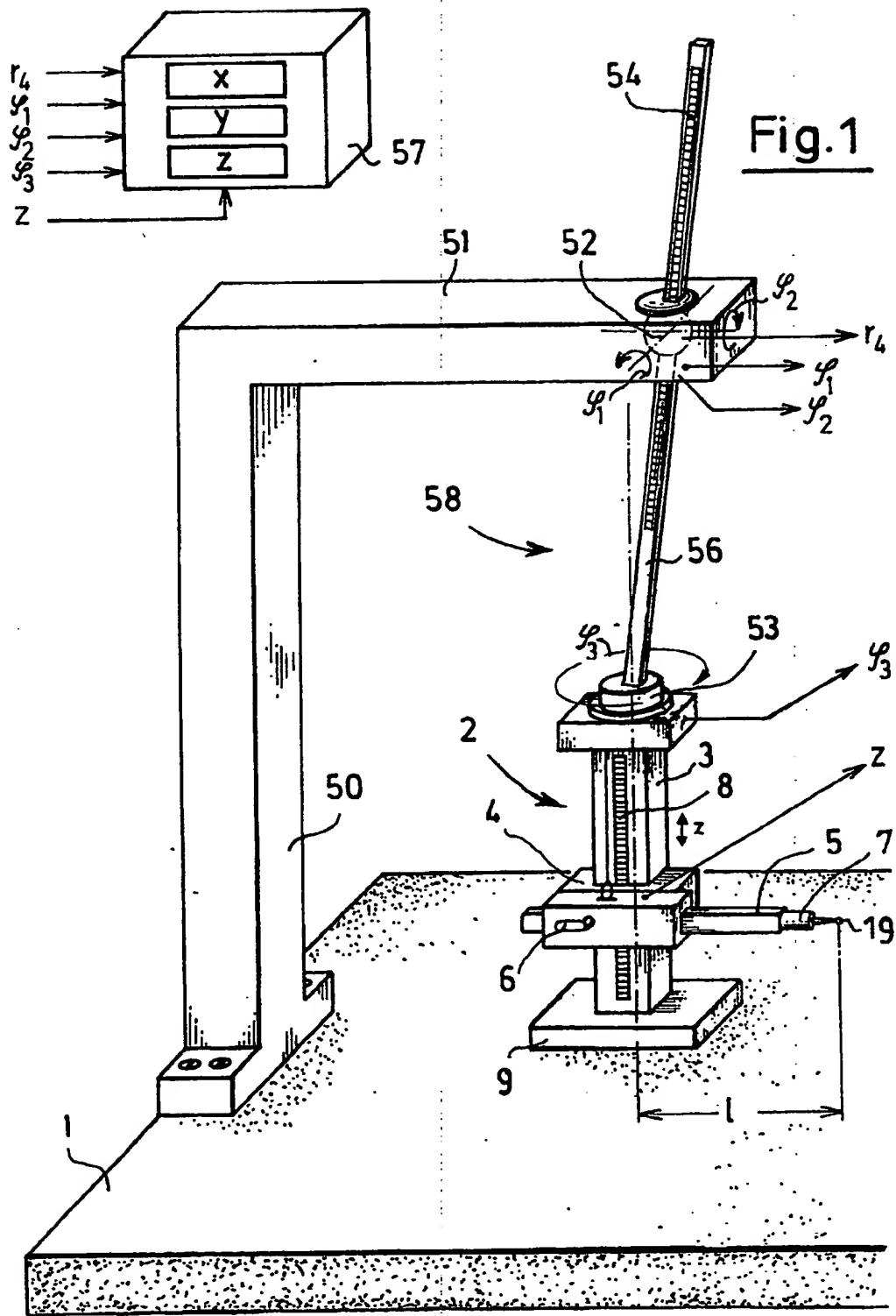


Fig. 2

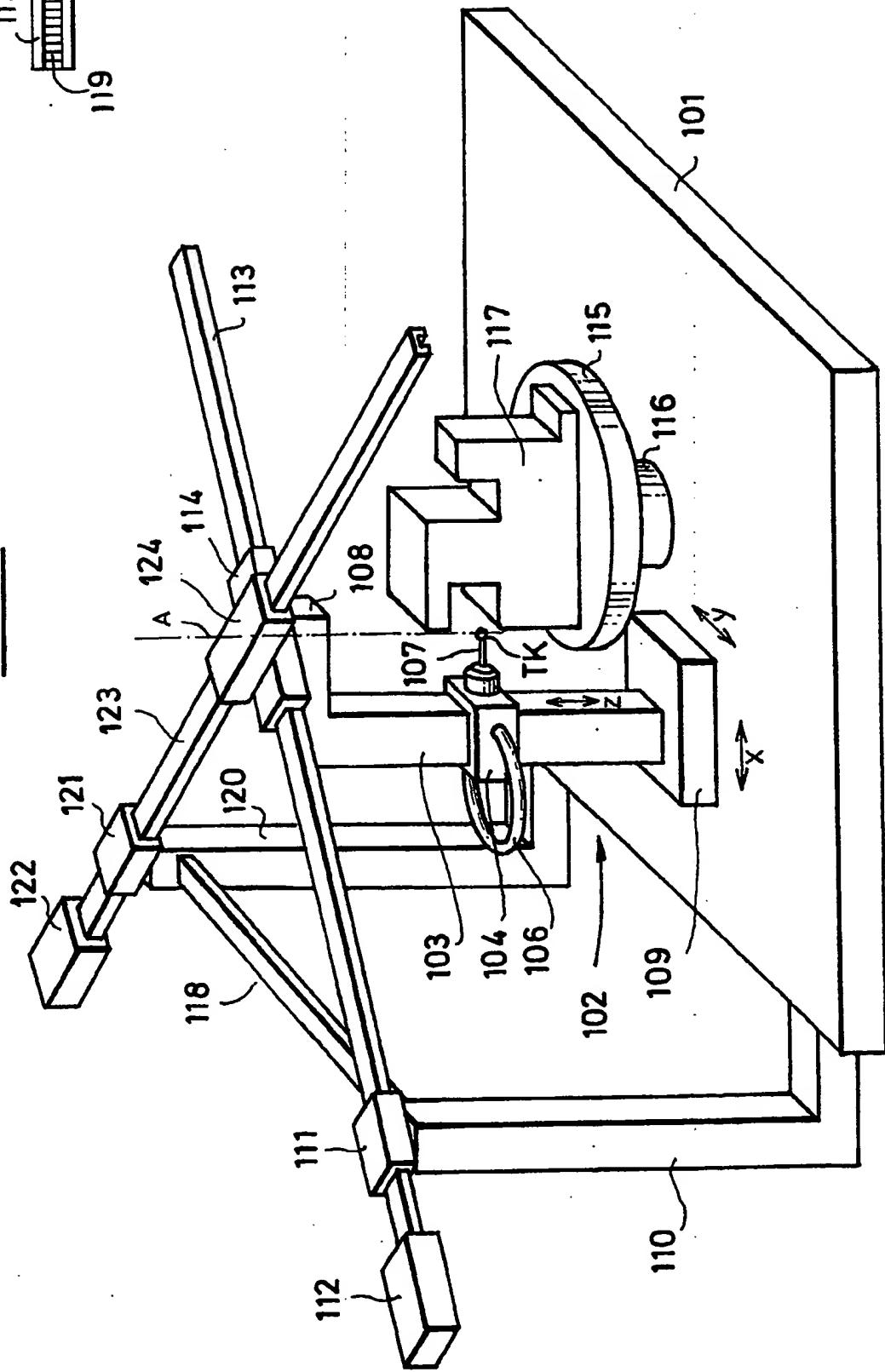


Fig. 3

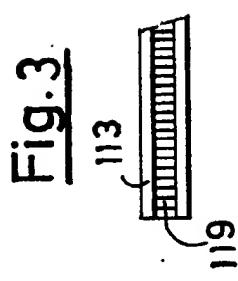


Fig. 4

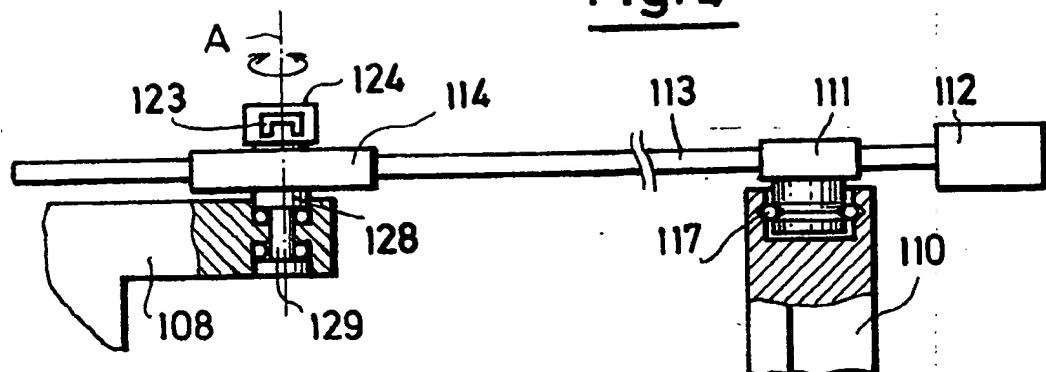


Fig. 5a

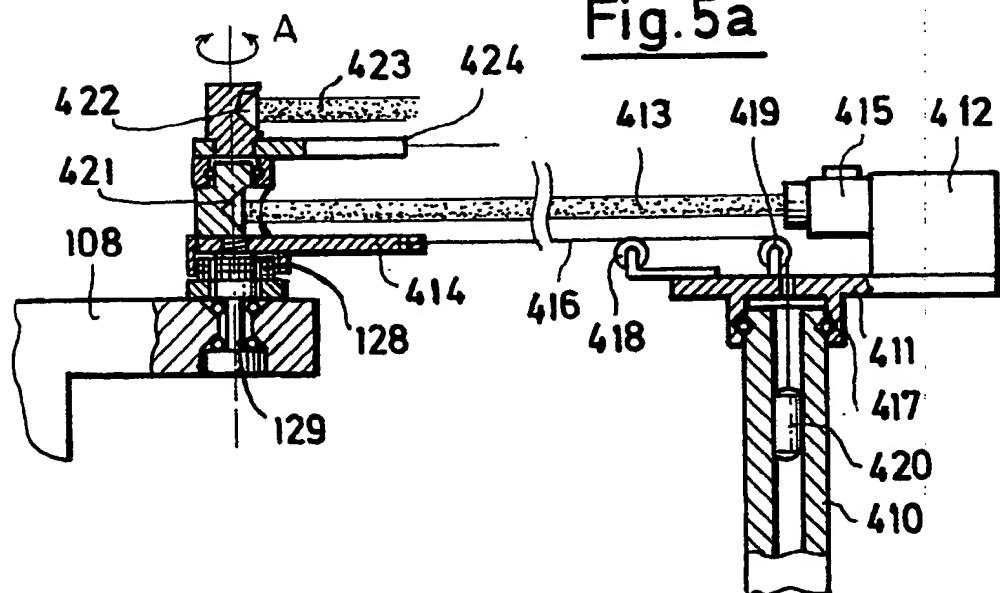


Fig. 5b

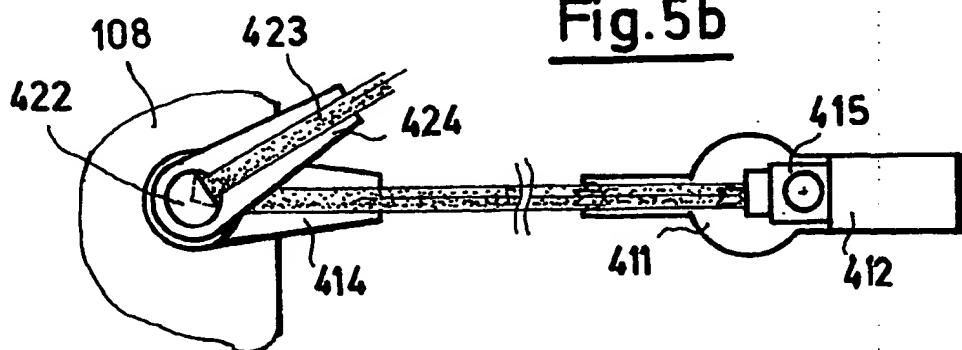


Fig.6a

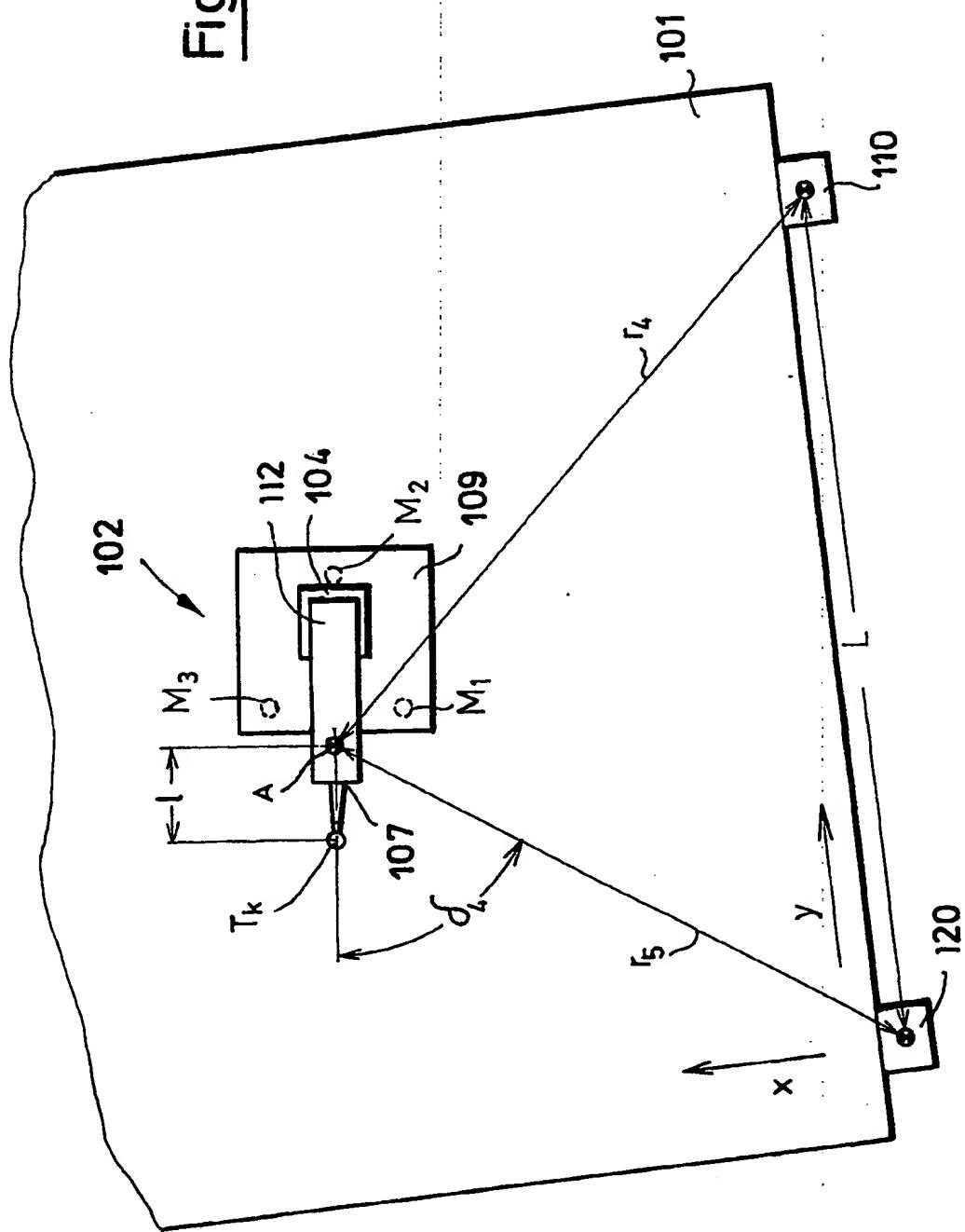


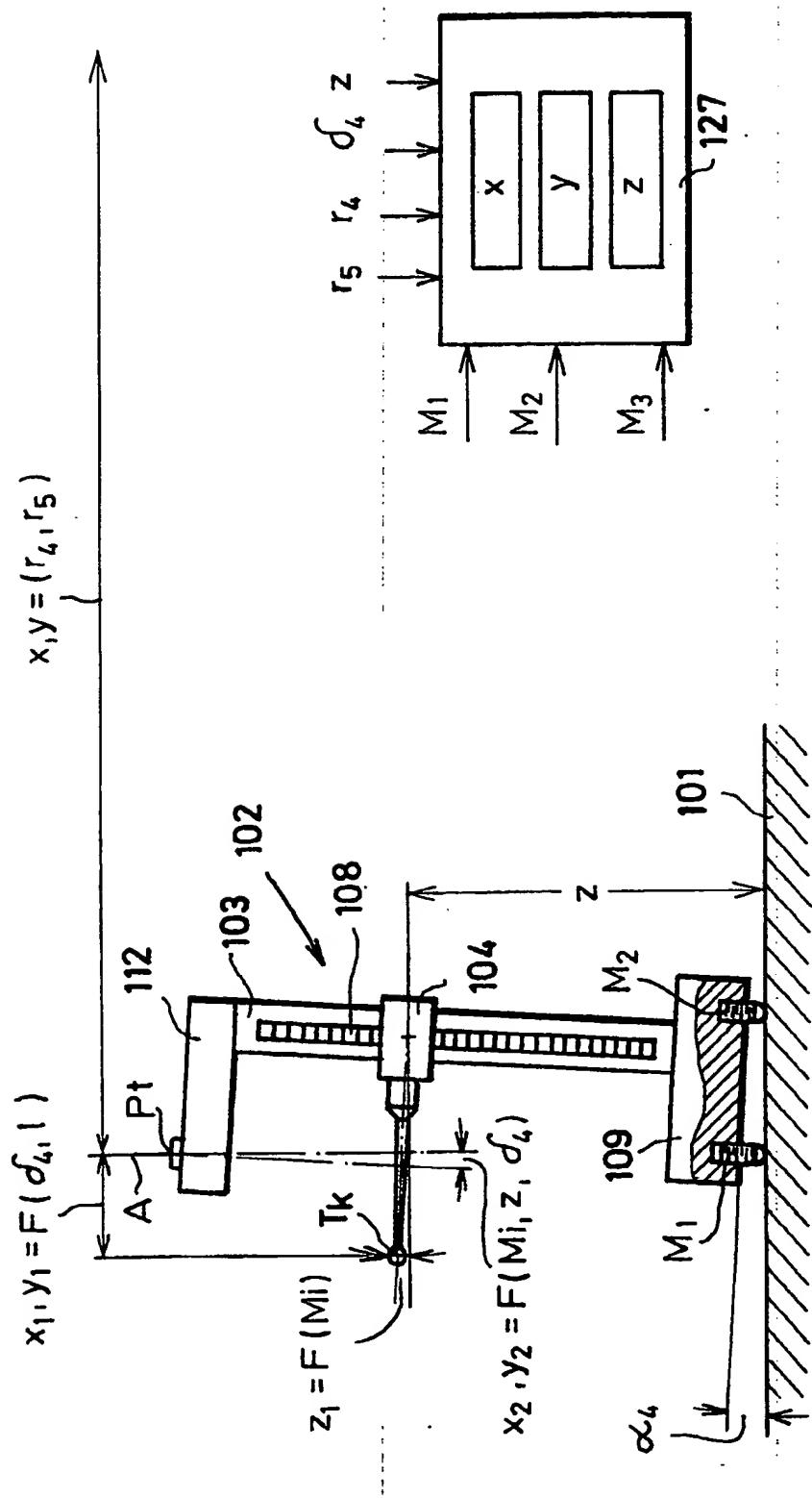
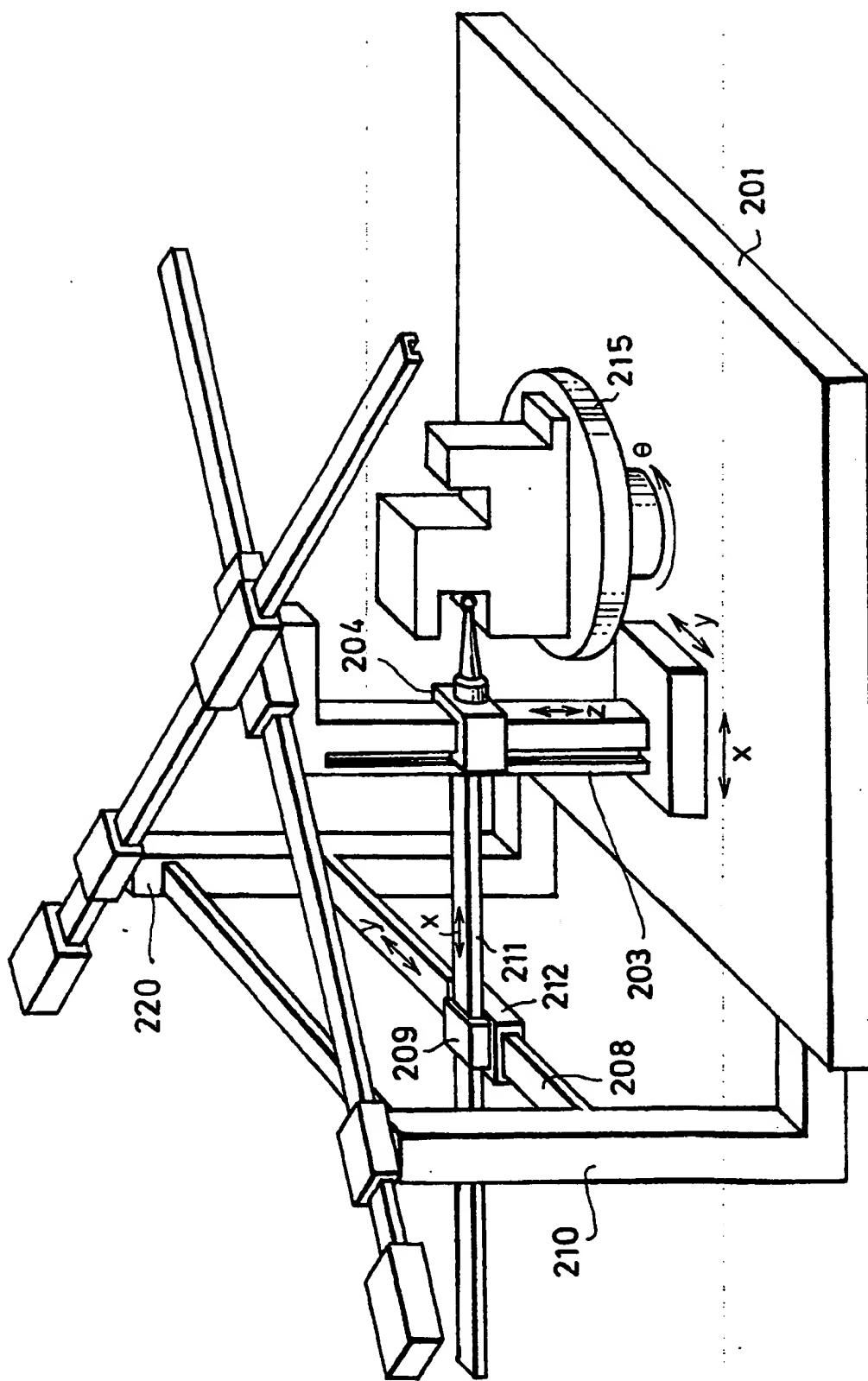
Fig. 6b

Fig. 7





EUROPÄISCHER
RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 91 11 0737

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betitl. Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5) | | |
|---|--|---------------------|---|--|--|
| A | EP-A-0 216 041 (BROWN & SHARPE) * Zusammenfassung; Abbildungen * | 1 | G 01 B 5/00 | | |
| A | GB-A-2 173 311 (W.W. CARSON) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,3,5 * | 1,4 | | | |
| A | GB-A-1 912 182 (R.H. CLARKE)1913 * Seite 10, Zeile 42 - Seite 11, Zeile 33; Abbildungen 5,6 * | 1 | | | |
| A | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 157 (P-464)(2213) 6. Juni 1986 & JP-A-61 11 807 (FUJIOKA SEIKOU) 20. Januar 1986 * das ganze Dokument * | 1 | | | |
| A | EP-A-0 157 176 (MARPOSS) * Seite 13, Zeile 34 - Seite 15, Zeile 27; Abbildungen * | 1,9,10 | | | |
| A | EP-A-0 100 716 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) * Seite 2; Abbildungen * | 1 | | | |
| A | EP-A-0 027 060 (BENDIX) * das ganze Dokument * | 1 | RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl.5) | | |
| | | | G 01 B | | |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | | | | |
| Recherchenort | Abschlußdatum der Recherche | Prüfer | | | |
| Den Haag | 06 September 91 | RAMBOER P. | | | |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE | | | | | |
| X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet | | | | | |
| Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie | | | | | |
| A: technologischer Hintergrund | | | | | |
| O: nichtschriftliche Offenbarung | | | | | |
| P: Zwischenliteratur | | | | | |
| T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze | | | | | |
| E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist | | | | | |
| D: in der Anmeldung angeführtes Dokument | | | | | |
| L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument | | | | | |
| &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument | | | | | |